蝶と蛾 *Trans. lepid. Soc. Japan* **52** (3): 171–182, June 2001

# 温室内におけるオオゴマダラの飛翔および睡眠に関する活動と環境条件

津吹　卓[1]・瀬田　和明[2]

[1]170-0004　東京都豊島区北大塚 1-10-33　十文字中学・高等学校
[2]121-0064　東京都足立区保木間 2-17-1　足立区生物園

# The flight and sleeping activities of *Idea leuconoe liukiuensis* Holland (Lepidoptera, Danaidae) in relation to the environmental factors in a greenhouse

Takashi TSUBUKI[1] and Kazuaki SETA[2]

[1]Jumonji High School, Kitaotsuka 1-10-33, Tosima-ku, Tokyo, 170-0004 Japan
[2]Biopark of Adachi, Tokyo, 2-17-1 Hokima, Adachi-ku, Tokyo, 121-0064 Japan

**Abstract** The daily flight and sleeping activities of *Idea leuconoe* in a greenhouse were studied in relation to the environmental factors from the viewpoint of thermoregulation. In addition, the sleeping position and posture were described.

**Key words** *Idea leuconoe*, flight activity, sleeping activity, environmental factors, thermoregulation.

## はじめに

蝶の睡眠についてはアゲハ (鈴木他, 1974), コムラサキ (長田・浜, 1992) で詳しく研究されている. また, 宮田 (2000*a*, 2000*b*) は 18 種のチョウの睡眠について報告している. しかし, その他の記録は断片的なものが多い. 筆者の一人津吹はこの 5 年間, 50 種ほどの蝶類の睡眠姿勢を中心に野外や室内で観察を続けるとともに (未発表), 一部は環境条件との関連を調べ発表した (津吹, 1998). さらに我々は温室を使って, 何種類かの蝶類について同様な調査を継続的に行なってきた. ここではオオゴマダラについて述べる.

オオゴマダラは各地の昆虫館の蝶の温室で一般的に飼育されている蝶である. これまで温室内での活動性については, 昼間の活動時間帯において, 雌雄各個体の羽化から死までの間に, 各種の活動の割合がどう変化するか (森嶌・久米, 1994; 久米・森嶌, 1995), 雄の目覚めと眠り (久米, 1997), そして訪花活動 (瀬田・井上, 1999; 瀬田他, 1999) の調査がある.

我々は温室内での飛翔および睡眠に関する活動と環境条件との関わり, さらに睡眠場所および睡眠姿勢を知るために調査・観察を行なった. 本論文では, その結果について報告し, 体温調節の観点から考察を試みた.

## 材料・観察場所・観察方法

今回の観察で用いた材料は, 足立区生物園で卵から飼育した沖縄 (石垣島) 産のオオゴマダラ *Idea leuconoe liukiuensis* Holland である. 温室内にいたチョウの頭数は, 月別の放蝶頭数 (主なものは 97 年 12 月に 140 頭, 98 年 2 月に 54 頭) と寿命から, 1-3 月は 140 頭余り, 4-5 月は 40 頭ほどと推定された.

調査は 1998 年 1 月 4 日-5 月 6 日に, 熱帯植物が植栽され西南諸島の森林環境が再現された縦 16 m, 横 30 m, 最大の高さ 15 m の温室で, 延べ 7 日行なった. 飛翔活動は延べ 5 日 (1/7, 8, 10; 4/29; 5/6), 温室内のオオゴマダラの飛翔頭数を樹木のある 5-6 m の高さの低空飛翔と主に天井付近の 13 m 程の

高さの上空飛翔に分けて目算し，同時に照度・気温・輻射熱を測定した．照度は日向で照度計により測定し，気温は 1.5 m の高さで日陰の温度を，輻射熱は日向で 1.5 m の高さにアルコール球の部分を黒いビニールテープで被った棒状温度計で温度を測定した．調査時刻は一定ではないが，8：30–18：30 (飛翔が止むまで) を基本に 30 分おきに記録した．また，飛翔終了前は延べ 4 日 (1/4, 7, 10; 3/26), 飛翔活動に準じて 10 分おきに測定した．睡眠場所と睡眠姿勢は主に 1 月 4 日 16：30–20：00 に観察した．

## 観察結果

### A.　飛翔活動

1.　環境条件は温室内のため照度に比べ気温・輻射熱の変化は少なく，比較的安定した状態であった (Figs 1–3).
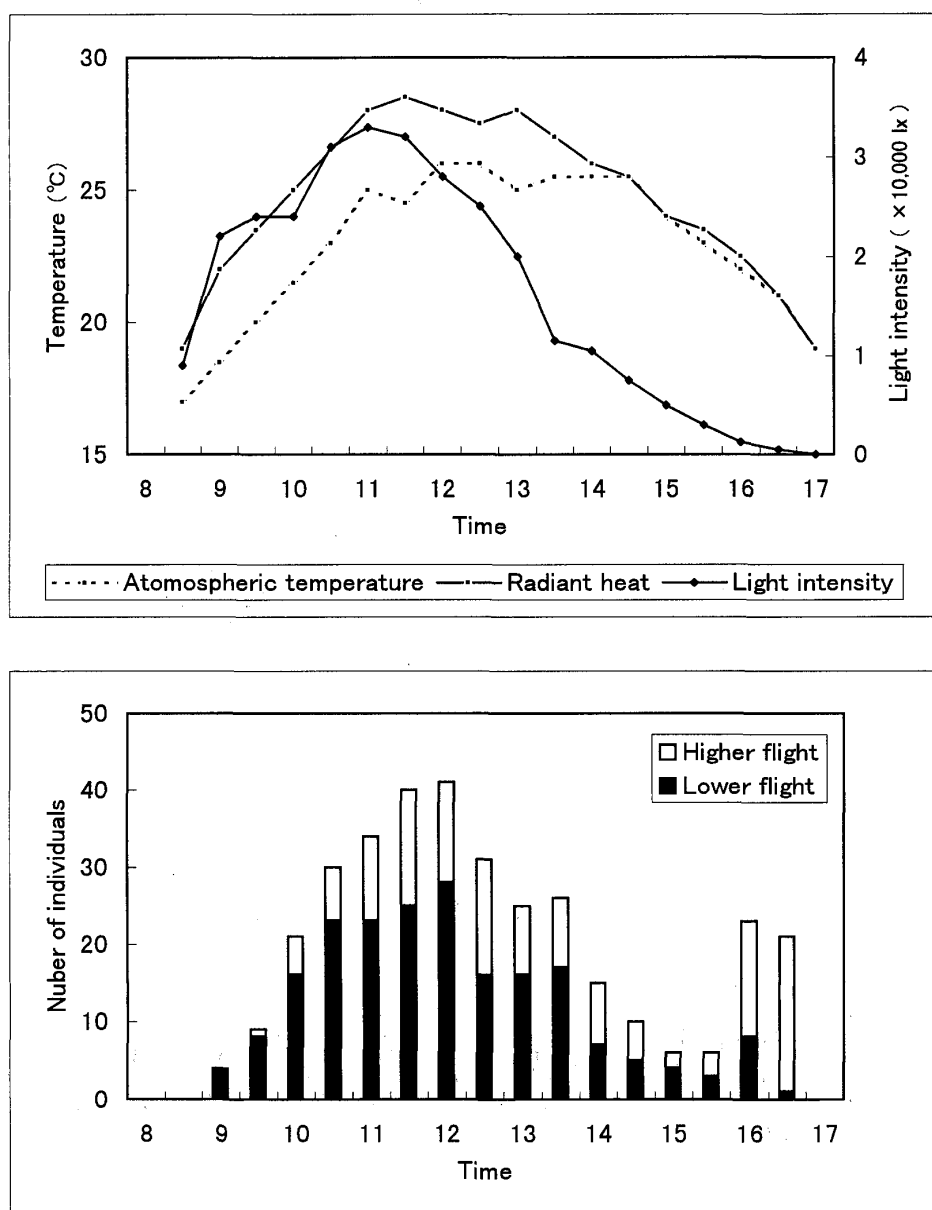
Fig. 1.　Flight activity of *Idea leuconoe liukiuensis* and environmental factors in the greenhouse on Jan. 10, 1998.
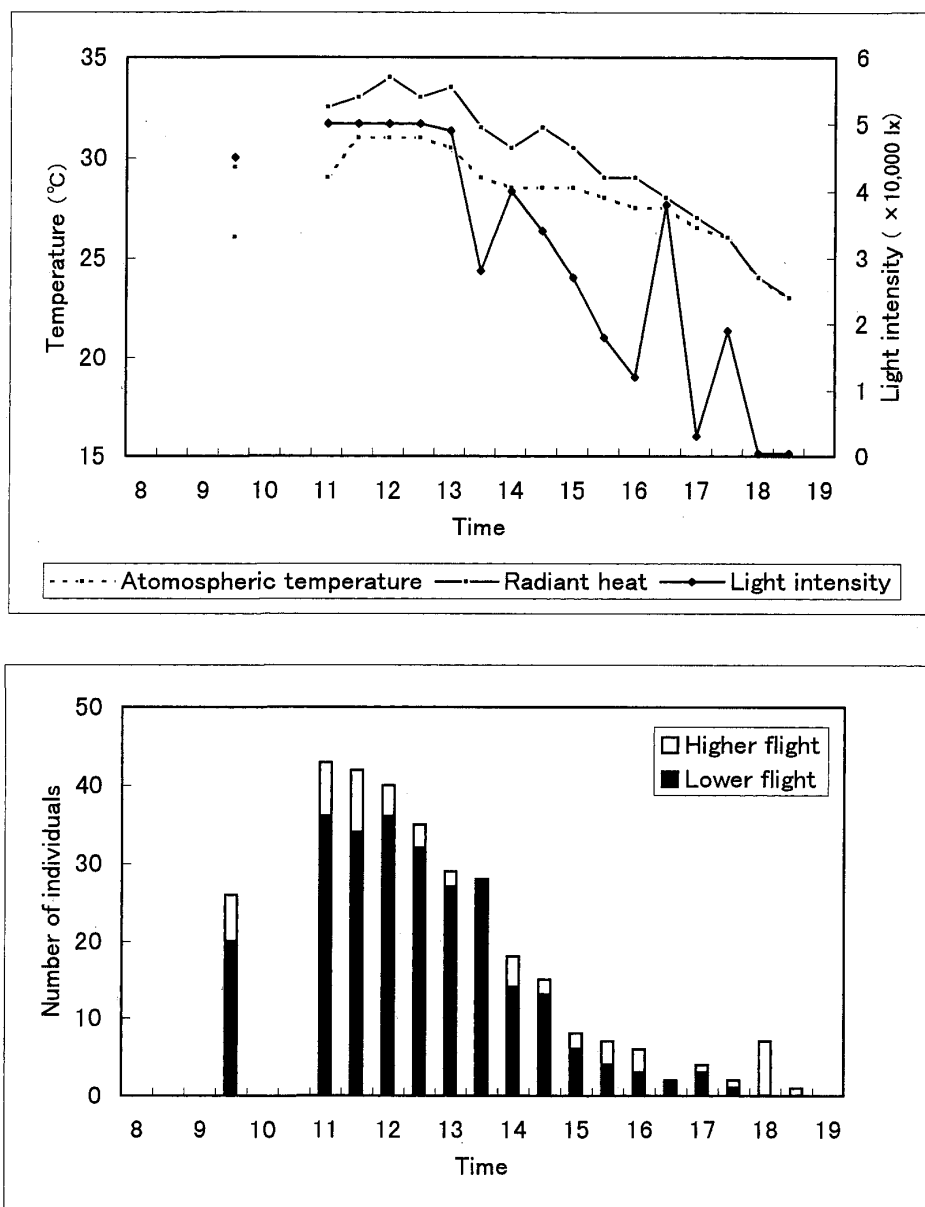
Fig. 2. Flight activity of *Idea leuconoe liukiuensis* and environmental factors in the greenhouse on April 29, 1998.

2. 日周活動は1-5月 (Figs 1-3) ともに双峰型の傾向が見られた．すなわち正午頃に大きなピークが見られ，夕方の小さなピークの後，飛翔活動は終了した．

3. 飛翔活動の大きなピークを環境条件と対応させてみると，次のようになった (Table 1). 1月10日は穏やかな晴天であり，飛翔活動のピークは11:30-12:00なのに対し，輻射熱のピークは11:00-13:00でおよそ28°C，照度のピークは10:30-11:30で32,000 lx前後，気温は12:00-14:30でおよそ26°Cであった．4月29日もほぼ晴天で，10:00, 10:30は未調査だが，飛翔活動のピークは，11:00-12:00と考えられた．そして輻射熱・照度のピークは11:00-13:00で，それぞれおよそ33°C，およそ50,000 lx，気温は11:30-13:00でほぼ31°Cとなった．すなわち，飛翔活動のピーク時は輻射熱・照度・気温のピーク時に含まれたり，重なったりして強い相関関係があったが，中でも輻射熱が著しかった．それに対して5月6日の天候は曇り時々晴れであった．飛翔活動のピークは11:30から12:00で，そのときの輻射熱は25°C，照度は13,000-22,000 lx，気温はおよそ24°C であった．ところが環境条件を見ると，輻射熱のピークは13:30-14:30で約30°C，照度のピークは14:30と15:30で，
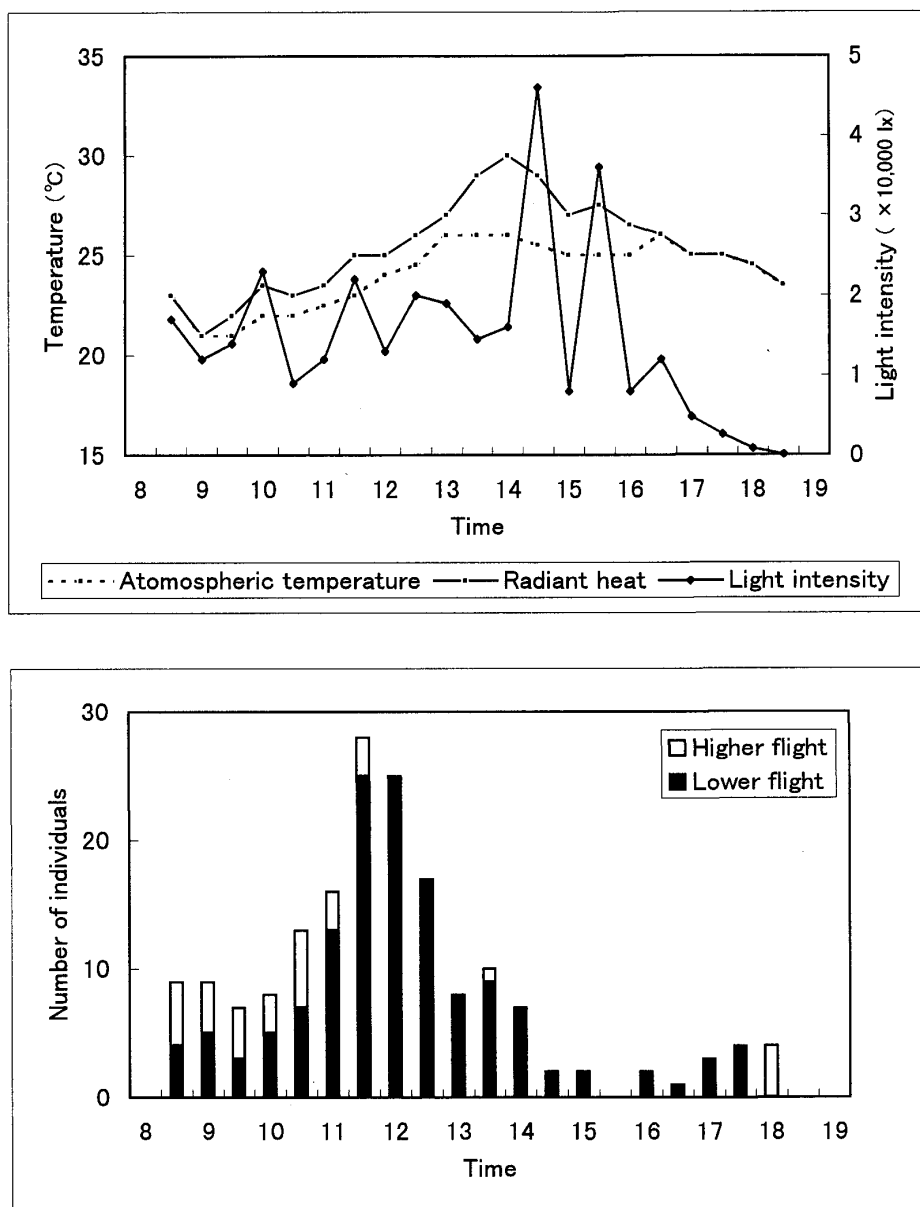
Fig. 3. Flight activity of *Idea leuconoe liukiuensis* and environmental factors in the greenhouse on May 6, 1998.

それぞれ 46,000 と 36,000 lx，気温は 13:00–16:30 でほぼ 26℃ となり，飛翔活動のピーク時の条件とは全く異なっていた．

4. 温室の天井付近の上空飛翔は，飛翔活動の終了直前に活発に起きた (Figs 1–3). とくに 1 月で顕著であった (Fig. 1).

B. 睡眠に関わる活動

a. 就眠時刻および環境条件

夕方には飛翔頭数が減少し最後にゼロとなった．観察をしていると飛翔の後ある場所に静止し，そのまま睡眠に入った．したがって飛翔頭数が減少する状況を，就眠の準備をする個体の増加と解釈した．就眠への飛翔は樹木の梢付近までの低空飛翔 (約 6 m 以下) と天井付近を中心とした上空飛翔 (約 13 m 以上) に分けられた．

Table 1. The comparison of the peak of flight activity and those of environmental factors.

| | Jan. 10 | Apr. 29 | May 6 |
|---|---|---|---|
| No. of flying individuals | 41 (11 : 30–12 : 00) | 43 (11 : 00–12 : 00) | 28 (11 : 30–12 : 00) |
| Radiant heat (°C) | 28 (11 : 00–13 : 00) | 33 (11 : 00–13 : 00) | 30 (13 : 30–14 : 30) |
| Atmospheric temperature (°C) | 26 (12 : 00–14 : 30) | 31 (11 : 30–13 : 00) | 26 (13 : 30–16 : 00) |
| Light intensity ($\times 10^4$ lx) | 3.2 (10 : 30–11 : 30) | 5 (11 : 00–13 : 00) | 4.6, 3.6 (14 : 30, 15 : 30) |

Table 2. The environmental factors at the final lower flight and 5–30 minutes after final flight in the greenhouse. Data mean time (number of individuals, atmospheric temperature, radiant heat, light intensity).

| Date | Final flight | → | 5–30 minutes after final flight |
|---|---|---|---|
| Jan. 10 | 16 : 10 (4, 22.0°C, 22.5°C, 1,100 lx) | → | 16 : 20 (1, 21.0°C, 21.0°C, 660 lx) |
| Mar. 26 | 17 : 25 (4, 20.6°C, —, 1,000 lx) | → | 17 : 30 (2, 20.2°C, —, 800 lx) |
| Apr. 29 | 17 : 00 (3, 26.5°C, 27.0°C, 3,000 lx) | → | 17 : 30 (1, 26.0°C, 26.0°C, 1,900 lx) |
| May 6 | 17 : 30 (4, 25.0°C, 25.0°C, 2,600 lx) | → | 18 : 00 (0, 24.5°C, 24.5°C, 780 lx) |

Table 3. The environmental factors at the final higher flight and 5–30 minutes after final flight in the greenhouse. Data mean time (number of individuals, atmospheric temperature, radiant heat, light intensity).

| Date | Final flight | → | 5–30 minutes after final flight |
|---|---|---|---|
| Jan. 4 | 16 : 15 (3, 19.6°C, —, 480 lx) | → | 16 : 20 (1, 20.0°C, —, 400 lx) |
| Jan. 7 | 16 : 50 (3, 18.5°C, 18.5°C, 60 lx) | → | 17 : 00 (0, 18.5°C, 18.5°C, 0 lx) |
| Jan. 10 | 16 : 50 (7, 19.5°C, 19.5°C, 30 lx) | → | 17 : 00 (0, 19.0°C, 19.0°C, 0 lx) |
| Mar. 26 | 17 : 50 (3, 19.4°C, —, 96 lx) | → | 18 : 00 (0, 19.2°C, —, 0 lx) |
| Apr. 29 | 18 : 00 (7, 24.0°C, 24.0°C, 430 lx) | → | 18 : 30 (1, 23.0°C, 23.0°C, 40 lx) |
| May 6 | 18 : 00 (4, 24.5°C, 24.5°C, 780 lx) | → | 18 : 30 (0, 23.5°C, 23.5°C, 50 lx) |

1) 低空飛翔の終了 (Table 2) は，1-3 月では照度およそ 10,00 lx を切る頃で，気温・輻射熱は 20°C 付近で，4-5 月では照度 1,000-2,000 lx で，気温・輻射熱は 25°C 前後で生じた．

2) 低空飛翔が終了する時刻は，1 月→ 3 (4) 月→ 5 月と月が進むに従って 16 : 20 → 17 : 30 → 18 : 00 と遅くなった．

3) 上空飛翔の終了 (Table 3) は，1-3 月では照度 0 lx，気温・輻射熱は 19°C で，4-5 月では照度 50 lx，気温・輻射熱は 23°C で起き，チョウは天井のフレームに止まった．

4) 上空飛翔終了時刻は，1 月→ 3 月→ 4, 5 月と月が進むに従って 17 : 00 → 18 : 00 → 18 : 30 と遅くなった．

5) チョウの群が飛翔から静止にはいるまでの時間は，およそ 30 分程で，静止して睡眠の準備に入った (Figs 4-5).

b. 睡眠場所

藪の中ではなく比較的開けた目立ちやすい場所で，垂れ下がっている蔓や葉に止まって眠り (Figs 7-8)，地上 2-3 m の高さの場合が多かった (Fig. 6)．森嶌 (1995) も高木の葉先にぶら下がって眠ることを観察している．
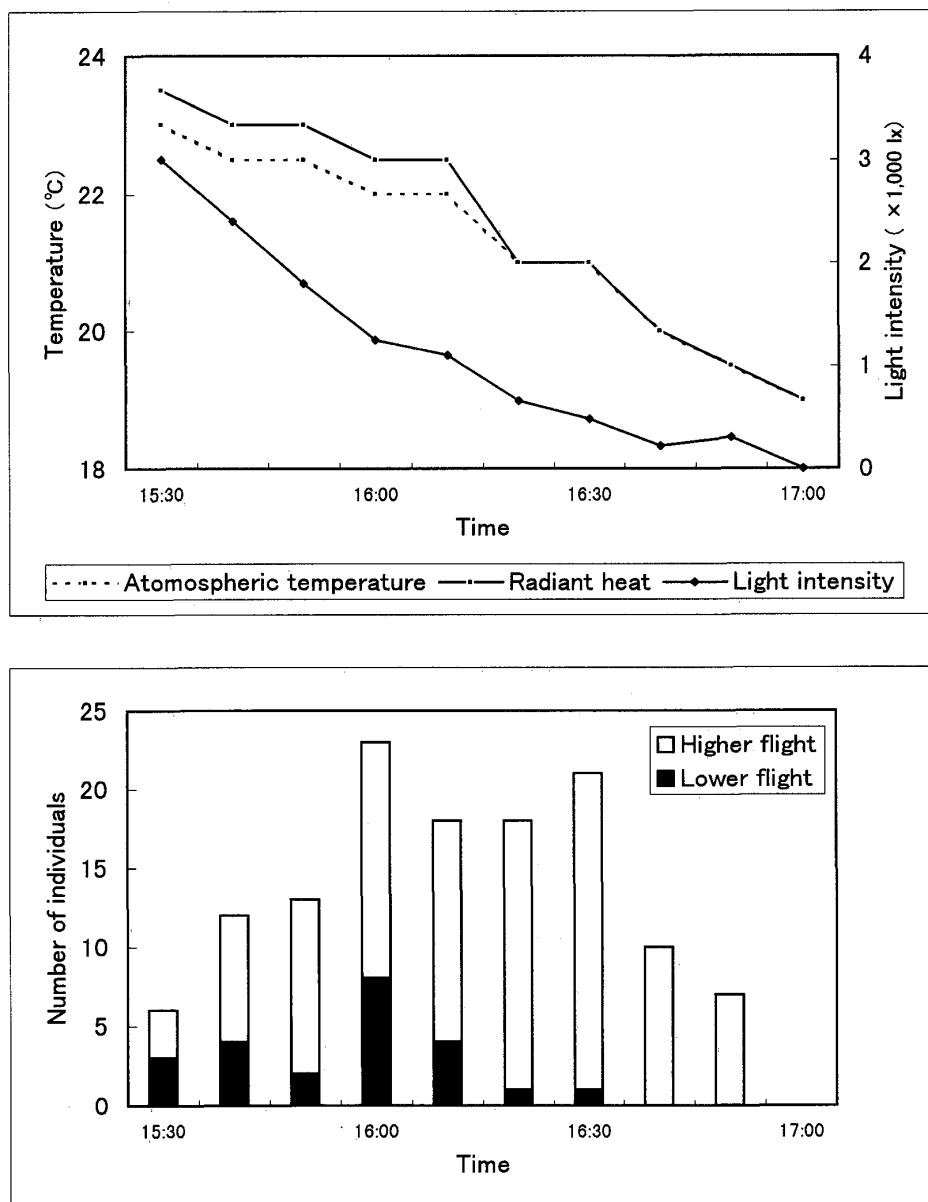
Fig. 4. Last flight activity to sleep in *Idea leuconoe liukiuensis* and environmental factors in the greenhouse on Jan. 10, 1998.

c. 睡眠姿勢

頭部を上にしてぶら下がるように中・後脚でつかまり，翅を閉じ，触角は開いたまま前に倒した (Fig. 7). 単独よりも数頭で群になっている場合が多かった (Fig. 8). 静止した個体のいるところへ，別の個体がやってきて止まることが，しばしば観察された．温室内で休息時に翅を閉じる以外に行なう，葉表で比較的水平に止まったり翅を半開きにする姿勢 (Fig. 9) は，睡眠時では見られなかった．また，交尾をしたままぶら下がり，睡眠に入っている場合も数例確認した (Fig. 10).

## 考　察

a. 体温調節

オオゴマダラにおける体温調節を考えてみたい．なお，用語は大崎 (1996) に従った．大崎 (1996) によれば，ボルネオの熱帯林における蝶類の生息場所は，体色と体型に基づく体温調節の方法と関連が
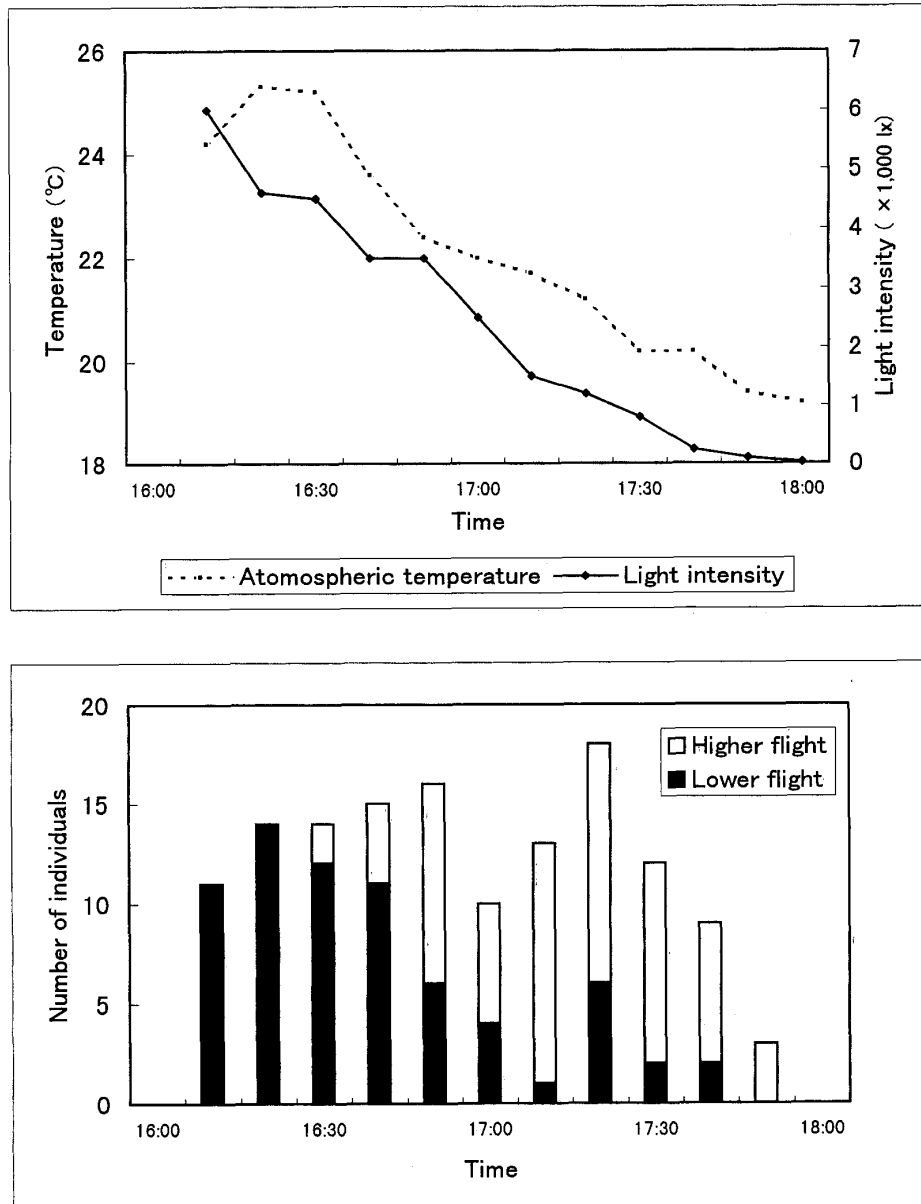
Fig. 5. Last flight activity to sleep in *Idea leuconoe liukiuensis* and environmental factors in the greenhouse on March 26, 1998.

あるという．マダラチョウ科のチョウは森の中に産卵植物があり，その結果，森の種が多い．森の種であるために，(1) 体色が黒く，とくに胸部と腹部の背面が著しい，(2) 体の表面積を広くするために細長い体型である．これらのことにより，森の外で輻射熱により体温を上げては，森の中で過ごす．この調査には，亜熱帯から熱帯に生息しているオオゴマダラは含まれていない．けれども，オオゴマダラの体色と体型の特徴は森の種のマダラチョウ類と同様であるため，体温調節の方法も同じタイプと考えられる．本種が西南諸島で森林の周辺や薄暗い森林内に生息している (福田晴夫他，1982) のもそのためであろう．大塚 (私信) によると，ボルネオではオオゴマダラの仲間のホソバオオゴマダラも，林縁の内側や林内に生息しているという．樹表面の種やオープンランドの種は，体色や体型，あるいは行動により体温を必要以上に上げない工夫を行なう．しかし，森の種は森の中での生活を基本にし，必要に応じて森の外に出て体温を上げた後森の中に戻る．したがって森の種では，熱に対する抵抗性は発達していないと考えられる．瀬田・井上 (1999) や瀬田他 (1999) によると，オオゴマダラの訪花活動は照度・輻射熱・気温が高いときに活動が抑制されたという．それに対して，同じマダラチョウ科のスジグロカバマダラは，これらが低いときに活動が抑制されたことが報告されている．オ
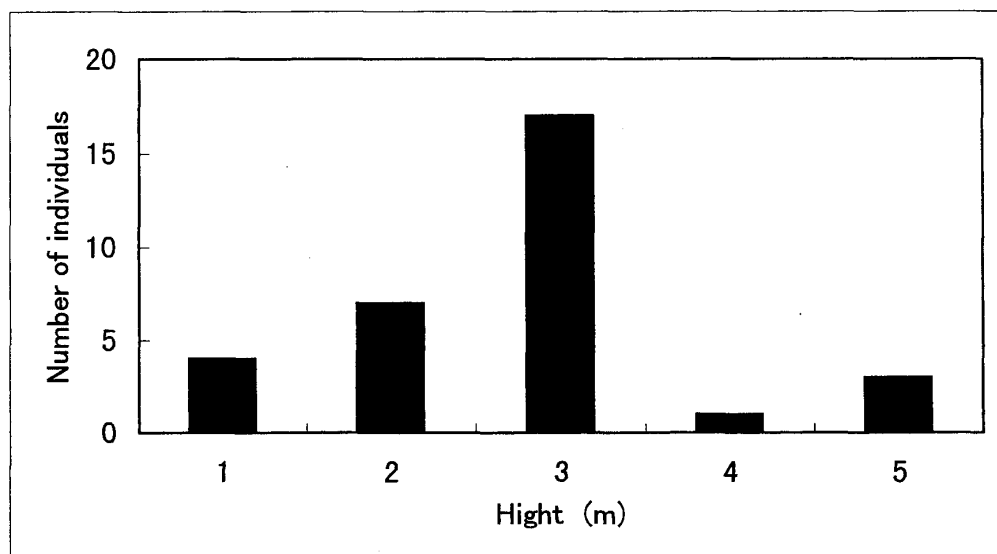
Fig. 6. The height of sleeping position of *Idea leuconoe liukiuensis* in the greenhouse on Jan. 4, 1998.

オゴマダラと異なり，スジグロカバマダラが高温に強く低温に弱いのは，この種がオープンランドのチョウである (大崎, 1991) からに他ならない．これらの環境条件は結局，体温というファクターでチョウに影響を及ぼしている．

b. 飛翔活動

オオゴマダラの飛翔活動時間については，福田他 (1982) によると，活動個体がもっとも多いのは朝から昼過ぎまでという．また，森嵩 (1995) によると，冬の温室内で飛翔個体が最も多いのは 10:00-14:00 であるという報告がある．今回の 1-5 月の観察において飛翔活動のピークを見ると，環境条件に関わらず全て，大きなピークがほぼ正午に，そして小さなピークが夕方に存在した．これらのことから，体内時計の関与が考えられた．そして，前者のピークは吸蜜や生殖活動のための移動，後者のピークは睡眠場所への移動と推測された．なお，体内時計が関与する例として，オオルリシジミの生殖に関する活動 (大曽根他, 1982) やムモンアカシジミの探雌飛翔活動 (鷲尾, 1997) が報告されている．

次に，環境条件と飛翔活動の関係を見てみたい．1 月 7, 10 日 (Fig. 1) における飛翔活動が盛んな時間帯は，輻射熱・気温・照度ともに高い時間帯であり，中でも輻射熱とよく一致しており，それぞれほぼ 28°C であった．しかし，曇り時々晴れであった 5 月 6 日 (Fig. 3) では，飛翔活動のピーク時における輻射熱は 25°C であり，輻射熱のピーク (30°C) は飛翔活動のピークの 3 時間後に生じた．これらのことから，冬から春の飛翔活動は環境条件により飛翔に適する体温が維持されたときに，体内時計に基づく活動リズムが現れたと考えられる．一方，本種の夏および秋の 1 日における訪花活動 (瀬田・井上, 1999; 瀬田他, 1999) を見ると，輻射熱が低い日は単峰型になり，輻射熱の高い日は双峰型となった．これは，高い輻射熱のために体温が上昇しすぎたために，本来活動する時間帯であっても活動性が押さえられたのではないかと考えられる．このような例は多く見られる (Tsubuki & Takizawa, 1996 他).

ただ，4 月 29 日 (Fig. 2) だけが例外的に，輻射熱が約 33°C，気温が 30°C 前後の高い温度のときでも，飛翔活動が盛んであった．他の日では，これらの温度では飛翔活動は抑制されていた．また，同様に訪花活動 (瀬田・井上, 1999; 瀬田他, 1999) も抑制されていた．高温時に飛翔が盛んになった理由の可能性として，いくつかのことが考えられる．第 1 に，本種の寿命はおよそ 60-110 日 (森嵩, 1995) と他のチョウに比べてきわめて長いことから，日令の違いが考えられる．日令が増すに連れ，クチクラが発達するなどして，熱に対する抵抗性が増した可能性が考えられる．日令と活動性の関係では，日令が進み成熟するにしたがって，移動だけでなく生殖行動も起こるため，雄雌ともに飛翔時間が昼

Figs 7–10. *Idea leuconoe liukiuensis* in sleep and rest. 7. Sleeping position. 8. Sleeping butterflies in group. 9. Resting position with half opened wings. 10. Sleeping butterflies in coupling.

間の活動時間に占める割合が，増加することが報告されている（森嶌・久米，1994; 久米・森嶌，1995）．また，他の日と異なり調査日直前の 4 月 26–28 日は，気温もそれほど上がらず，飛翔が抑制されたと思われ，そこで第 2 の可能性として，29 日の温度が高くても吸蜜等への欲求が強かったことが考えられる．第 3 に，チョウの世代が異なると熱に対する抵抗性も異なる可能性が考えられる．第 4 に，4 月 29 日の 9 : 30 の時点で，すでに輻射熱および気温がそれぞれ 29.5°C と 26.0°C であり，朝からの熱への慣れも考えられる．

飛翔活動の終了直前に活発に起こる上空飛翔も，体温調節から考えることができる．上空飛翔はチョウが活動に適切な体温を維持するために，輻射熱を求めた結果と考えられる．あるいは，夕日がガラスに当たり，地上より照度の高い天井付近に集まった可能性もある．チョウが飛翔している上空の照度・輻射熱は，地上での測定値より高いはずである．上空飛翔終了時の上空の環境条件は，低空飛翔終了時の環境条件に近いのかも知れない．終了前の上空飛翔は，人為的な温室に特有なものではなかろうか．なお，橿原市昆虫館の報告（森嶌・久米，1994; 久米・森嶌，1995; 森嶌，1995）には，そのような記載は見られない．

c. 就眠活動

低空飛翔活動および上空飛翔活動の終了（就眠活動の解発）時刻が，1 月から 4, 5 月へと季節が進むに従って遅くなるのは，太陽高度の変化に基づく環境条件（照度や輻射熱）の変化にともなう現象であると考えられる．久米（1997）によれば，12 月下旬から 1 月下旬に 1 個体追跡法で雄を調査したところ，就眠時刻は 15 : 30–16 : 19 であったという．なお，温室内での飛翔終了に直接影響する環境条件は照度と考えられる．

d. 睡眠場所

オオゴマダラの目覚めに関しては，12-1月の温室内での調査で，雄は周囲がすっかり明るくなったすぐ後の6:53から遅くとも7:34までに目覚め，飛翔したという報告がある（久米，1997）．オオゴマダラの睡眠場所が開けて目立ちやすい場所というのも，本種が森の種なので朝に体温を速く上昇させ，活動をするため，輻射熱を得やすい場所で睡眠するのではないかと考えられる．なお，本種の翅は大きく白いので，翅を閉じて葉に止まっていても目立つと思われる．マダラチョウ科には毒があるというものの，早朝に鳥による捕食の可能性も考えられる．ただ，大塚（私信）によれば，これまでボルネオではビークマークの付いたオオゴマダラ，ホソバオオゴマダラを見たことが無く，場合によると翅の大きさが鳥への威圧感を与えている可能性も考えられるという．いずれにせよ，現地での調査が必要である．

## 謝 辞

この報告に当たり，筑波大学名誉教授安藤裕博士ならびに南山大学総合政策学部教授江田信豊博士には原稿の校閲をお願いし，有益な助言をいただいた．また，財団法人足立区水と緑の公社環境保全部生物園所長八代隆氏には観察を許可していただいた．橿原市昆虫館山本知巳氏には貴重な文献をお送りいただいた．進化生物研究所の大塚一壽氏にはボルネオにおける *Idea* 属の生態について御教示いただいた．心からお礼申し上げる．

## 引用文献

福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之，1982. 原色日本蝶類生態図鑑 (I), 277 pp. 保育社，大阪.

久米 智，1997. チョウのくらし探検 (12). オオゴマダラの目覚めと眠り. *Gonta* **7** (2): 1.

久米 智・森嶌勇人，1995. チョウのくらし探検—10 オオゴマダラ雌の生活. *Gonta* **5** (2): 2–3.

宮田 彬，2000*a*. 夜間のチョウの睡眠について—チョウは同じ場所へ帰って来て眠るのだろうか？ 蝶と蛾 **51**: 215–228.

————，2000*b*. チョウの夜間の睡眠について（追加） 日本鱗翅学会第47回大会講演要旨集: 13.

森嶌勇人，1995. チョウの生活. *Gonta* **5** (3): 2–3.

森嶌勇人・久米 智，1994. チョウのくらし探検—9 オオゴマダラ雌の生活. *Gonta* **4** (4): 4–5.

長田 健・浜 栄一，1992. 水辺に生きる不思議な蝶，世界でも珍しい長野・犀川のコムラサキ3つの不思議—ねぐら・テリトリー・1年3世代交代—. 90 pp. アース工房.

大崎直太，1991. カンポン・ブンシット，そしてチョウの体温調節. 日高敏隆・石井 実（編著），ボルネオの生きものたち—熱帯雨林にその生活を追って—: 7–58. 東京化学同人.

————，1996. 熱帯雨林の蝶類の温度生態学. 日本産蝶類の衰亡と保護 第4集（やどりが特別号）: 91–100.

大曽根剛・川口悦司・滝沢達夫，1982. オオルリシジミの飛翔活動性. *New Ent., Ueda* **31**: 1–8.

瀬田和明・井上 尚，1999. マダラチョウの訪花活動について (1) 温室内における花の色に対する選好性，日周活動と環境条件. 蝶と蛾 **50**: 104–110.

瀬田和明・落合米子・寺口芳一，1999. マダラチョウの訪花活動について (2) 温室内におけるオオゴマダラ・スジグロカバマダラの日周活動と環境条件. 蝶と蛾 **50**: 235–242.

鈴木芳人・高木正見・中山正博，1974. 寝場所を利用したマーキング法によるアゲハの移動の研究. 昆虫 **42**: 79–86.

津吹 卓，1998. 蝶の睡眠—ウラギンシジミ *Curetis acuta* の場合. 日本昆虫学会第58回大会講演要旨: 110.

Tsubuki, T. & T. Takizawa, 1996. Flight activity of *Colias erate* (Lepidoptera, Pieridae) in high and low altitudes. *Trans. lepid. Soc. Japan* **47**: 17–28.

鷲尾恭助，1997. ムモンアカシジミの探雌飛翔活動の観察. 蝶と蛾 **48**: 141–152.

## Summary

*Idea leuconoe liukiuensis* from Ishigaki Island in Okinawa Prefecture bred in the Biopark of Adachi was used as the material of the present study. The number of butterflies in the greenhouse was estimated at about 140 individuals from January to March, and about 40 from April to May. The observation of flight activity was performed 7 days from January to May in 1998 in the greenhouse (16 m long, 30 m wide, max. 15 m high). The number of flying butterflies, atmospheric temperature, radiant heat and light intensity were recorded every 30 minutes almost from 8 : 30 to 17 : 00 (at the end of flight activity). In particular during the last hour and a half before the end of the flight activity, flying number and environmental factors above mentioned were recorded every 10 minutes over 4 days. Sleeping position and posture of butterflies were observed carefully 16 : 30–20 : 00 on January 4th with additional observations.

1. Flight activity

Flight activity peaked twice in January, April and May (Figs 1–3): one large peak occurred almost at noon and another small one in the evening. This bimodal daily activity seemed to be controlled by the biological clock, since the environmental conditions varied over the 3 months according to the weather. In January and April it was fine, and flight activity had a large peak from 11 : 30 to 12 : 00 with the peak of radiant heat (28°C and 33°C in January and April respectively) in the 3 factors. On the other hand in May, it was cloudy with sunshine at times. When flight activity peaked the radiant heat and the light intensity were 25°C and 13,000–22,000 lx. Almost the same conditions occurred at 16 : 30, but few butterflies made their flight. And the peak of radiant heat was 13 : 30–14 : 30 (29.0–30.0°C) and that of the light intensity was 14 : 30 (46,000 lx) and 15 : 30 (36,000 lx). The last flight activity in a day usually began suddenly, in particular in January, below the roof in the greenhouse.

2. Flight for sleep

A decrease of flying butterflies in the evening was regarded as an increase of those preparing for sleep. The flight for sleep was separated into 2 types, one was low flight (under about 6 m) below the top of the trees, and the other was high (over about 13 m) near the roof. The low flight finished at almost 1,000 lx (light intensity), about 20°C and 25°C (atmospheric temperature and radiant heat) in January to March and April to May respectively. The end of the lower flight became later from 16 : 20 to 18 : 00 following the advance from January to May. The higher flight ended when the light intensity and the radiant heat (atmospheric temperature) was 0 lx and 19°C in January, 50 lx and 23°C respectively in April-May. The end of the higher flight also became later from 17 : 00 to 18 : 30 following the advance from January to May. The last flight activity lasted about 30 minutes.

3. Sleeping position and posture

Kume (1997) pointed out that *Idea leuconoe liukiuensis* slept hanging on the tips of high tree leaves. According to his observation they slept not in the bushes but rather in conspicuously open places; in particular they hung on the upper side of the leaves or vines with the mid-and hind-legs; the wings closed; the head upwards; the antennae inclined forward and opened, and 2–3 m above the ground. The butterflies slept individually in some cases but in a group in many cases. Sleeping coupled butterflies hanging on leaves were found. The posture of sleeping above mentioned was different from that of perching in the daytime; with the wings open nearly horizontally or half open.

4. Thermoregulation

Ohsaki (1996) reported that living places for butterflies were decided according to thermoregulation

based on body coloration and body shape in a humid tropical forest in Sabah, Malaysia. Danaid butterflies are called "forest species", because their larval food plants are in the forest. The butterfly-body of the forest species was characterized by dark dorsal sides to the thorax and abdomen, and a more slender thorax and abdomen for the larger surface area/volume ratio. Therefore forest species raise their body temperature by solar radiation and then enter the forest. Though *I. leuconoe* was not included in this study, the character of the body color and shape of this species was the same as those of other danaid butterflies belonging to forest species. Therefore this species was thought to have the same way of thermoregulation as that of the forest species. Besides *I. leuconoe* and *I. stolli* were observed in the forest and its edges in Seinan Islands, Japan (Fukuda *et al*., 1982) and in Sabah, Malaysia (Otsuka, *pers. comm.*).

(1) Flight activity: In January 7th and 10th (Fig. 1) and May 6th (Fig. 3) the number of flying butterflies was thought to increase when the body temperature was maintained at a suitable level, although the radiant heat was different on the 3 days. However, in the observation of flower visiting activity of this species in the same greenhouse in June (Seta & Inoue, 1999) and October (Seta *et al*., 1999), daily flight activity was depressed by the lower radiant heat (about 30°C), and became bimodal. The pattern of daily flight activity was often unimodal and bimodal in low and high radiant heat respectively, because of seasons and altitudes (Tsubuki & Takizawa, 1996). On April 29th daily flight activity was not depressed in spite of higher radiant heat (33°C) and higher atmospheric temperature (31°C) from 11 : 30 to 13 : 00 when compared with the flower visiting activity mentioned above. The butterfly might increase its heat resistance ability as it ages, or in relation to different seasons. There might be other cases, for instance, where flying time becomes longer for mating behavior as the butterfly becmes mature (Morisima & Kume, 1994; Kume & Morisima, 1995).

From the point of view of thermoregulation, the last higher flight was made near the roof to maintain the body temperature for activity by the heat of evening sun in the greenhouse.

(2) Flight for sleep: Both the lower and higher flights ended later following the advance of the months from January to May. The higher the altitude of the sun became from January to May, the longer the day became. Therefore butterflies could fly later in the evening as a result of the increase in solar heat.

(3) Sleeping position: Kume (1997) reported that individuals of male woke up from 6 : 53 (just after full ambient brightness) to 7 : 34 and made their flight. Because *I. leuconoe* was thought to be a forest species, it must sleep in open places to raise its body temperature immediately for the radiant heat in the early morning to prepare for flight.

(Accepted January 31, 2001)

Published by the Lepidopterological Society of Japan,
5-20, Motoyokoyama 2, Hachioji, Tokyo, 192-0063 Japan